Blutstrom und Radiojod-Clearance im Unterschenkel des Menschen

von

KARLHEINZ GÖTZ

München 1962

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität München

Direktor: Professor Dr. W. Seitz

Blutstrom und Radiojod-Clearance im Unterschenkel des Menschen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Karlheinz Götz

aus

München

1962

Berichterstatter: Professor Dr. Walter Seitz

Mitberichterstatter: Privatdozent Dr. Hans Hess

Dekan: Professor Dr. Alexander Herrmann

Tag der mündlichen Prüfung: 16.1o.1962

Fotodruck: Mikrokopie G.m.b.H. München 2, Weinstr. 4

Meinen Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet

Blutstrom und Radiojod - Clearance im Unterschenkel des Menschen.

	Seite
Einleitung	1
Beschreibung der Methoden	3
I. Plethysmographie	3
II. Isotopenmethode	6
Eigene Untersuchungen, Ergebnisse	8
Besprechung der Ergebnisse	16
Zusammenfassung	20
Literaturverzeichnis	22

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

B l u t s t r o m und R a d i o j o d - C l e a r a n c e

im Unterschenkel des Menschen.

Die obliterierenden Gefäßerkrankungen haben im Laufe der letzten zwei Jahrzehnte in der ganzen Welt zunehmendes Interesse gefunden. In zahllosen Veröffentlichungen werden immer wieder Untersuchungsmethoden und wirksame therapeutische Maßnahmen dargelegt und empfohlen. Die Zunahme peripherer Gefäßerkrankungen einerseits, die zunehmenden therapeutischen Erkenntnisse andererseits, führten zur Entwicklung neuer Untersuchungsmethoden, zur exakten Beurteilung von Durchblutungsstörungen bzw. Indikationsstellung chirurgischer Eingriffe.

Wir kennen heute viele Methoden die Durchblutung z.B. der Extremitäten zu prüfen. Die leicht auszuführende Lagerungsprobe nach R a t s c h o w, die Hauttemperaturmessung, die Bestimmung der Claudication - Distance bzw. Claudication - Time, die Oszillographie, die Rheographie, um einige wichtige zu nennen, sind alles brauchbare Methoden Durchblutungsstörungen festzustellen. Quantitative Messungen des Blutstromvolumens können mit diesen Methoden allerdings nicht durchgeführt werden. Die bisher einzige Methode, quantitative Messungen durchzuführen ist die Venenstauungsplethysmographie. "Für die exakte Messung der Durchblutungsgrößen an den Gliedmaßen des Menschen ist unseres Erachtens nur die Venenverschlußplethysmographie geeignet." (R a t s c h o w)

Sie ermöglicht die Volumenzunahme z.B. einer Extremität während vorübergehender Blockade des venösen Blutstroms zu messen und damit Aussagen über den Bluteinstrom (Blutstromvolumen) zu machen.

H. H e s s 1) hat mit einem von ihm entwickelten Plethysmographen in großem Umfang Untersuchungen an Patienten angestellt. Die Venenstauungsplethysmographie hat sich dabei als eine in der Praxis durchaus zuverlässige, mit hinreichender Meßgenauigkeit arbeitende Methode erwiesen. Der Bluteinstrom wird dabei in ml pro 100 ccm Gewebe in der Minute angegeben, womit ein definierbares Maß gegeben ist. Ein anderes, zuerst von Amerikanern (K e t y 2, E l k i n 3) angegebenes und in der Folgezeit weiter entwickeltes Verfahren, die Durchblutung zu messen ist die Isotopenmethode. Dabei wird ein Depot einer radioaktiven Substanz intramuskulär injiziert und der Abtransport mit einem (Szintillationszähler) laufend verfolgt, also die Gewebsclearance der radioaktiven Substanz bestimmt.

Der Vorteil dieser Methode mit ihrer Möglichkeit quantitative Werte der effektiven Zirkulation zu erhalten, machen sie zu einem brauchbaren klinischen Verfahren (K e t y 2).

E l k i n 3) und Mitarbeiter haben die Isotopenmethode an 115 Patienten angewandt. Danach handelt es sich hierbei um eine kostbare Methode zur Bestimmung des effektiven Blutstroms. Trägt man die beim Abtransport der radioaktiven Substanz (Gewebsclearance) gemessenen Impulszahlen auf semilogarithmisches Papier (die Impulszahlen auf der Ordinate, die

Zeit in der Abszisse) auf, so erhält man eine Lineare. Steigt der Abtransport der radioaktiven Substanz aus dem Muskel an, wird die Linie vertrikaler. (E l k i n 3) In Deutschland hat vor allem P a b s t 4) umfangreiche Untersuchungen mit Injektionen radioaktiver Substanzen und Messung ihres Abtransportes durchgeführt. Nach seinen Ergebnissen ist die Abwanderungsgeschwindigkeit des radioaktiven Materials aus dem Muskel offenbar abhängig von der Größe des Blutstroms.

Mit diesem Verfahren wird primär nicht die Durchblutung, sondern die "Clearance" gemessen. Diese hängt zwar von der Durchblutung ab, soll aber keine Proportionalität zur Durchblutung aufweisen. (K e t y 5)

Das Ziel unserer Untersuchungen war es nun, festzustellen, ob eine Beziehung zwischen dem genau definierten Blutstromvolumen, gemessen mit der Venenstauungsplethysmographie und der "Clearance" der Isotopenmethode besteht. Die Annahme, die Resorption einer radioaktiven Substanz aus dem Muskel sei proportional dem Blutstromvolumen, soll hier durch orientierende Untersuchungen mittels vergleichender Messungen beider Verfahren untersucht werden.

Beschreibung der Methoden.

1) Venenstauungsplethysmographie.

Der von H. H e s s 1) entwickelte Plethysmograph besteht aus einem Plexiglasrohr von 15 cm Länge und 18 cm Weite, in

dem eine Gummimanschette ebenfalls als Rohr mit geringerer Weite wasserdicht verbunden ist. So entsteht zwischem äusserem Plexiglasrohr und innerem Gummirohr ein umschlossener Raum, der sowohl von unten als auch von oben durch eine kleine Bohrung im Plexiglasrohr zugängig ist. Durch die untere Bohrung kann mittels eines festvenbundenen Gummischlauches aus einem heizbaren Wassergefäß dieser Raum mit Wasser gefüllt werden. In der oberen Bohrung ist ein Steigrohr befestigt, in das ein Schwimmer hängt, der mit einem Kymographen verbunden ist.

Zur Untersuchung des Blutstromvolumens wird der Unterschenkel des flachliegenden Patienten in den Plethysmographen (in die Lichtung des vom Plexiglasrohr umgebenen Gummirohrs) eingeführt. Da die Länge des Plethysmographen, wie erwähnt 15 cm beträgt, befindet sich also der Unterschenkel in einer Länge von 15 cm im Plethysmographen. Die beiden Öffnungen des Plethysmographen werden mittels einiger Plexiglasscheiben, die sich der Extremität gut anpassen, dicht verschlossen. Nun wird der Plethysmograph mit Wasser von 32° (um störende Hautreize durch ein kälteres oder wärmeres Wasser auszuschließen) soweit gefüllt, bis das Wasser im Steigrohr die Marke 0 erreicht. Die Gummimanschette liegt somit durch den leichten Druck des Wassers dem Unterschenkel des Patienten dicht an. Proximal und distal des Plethysmographen wird um den Unterschenkel des Patienten je eine Blutdruckmanschette angelegt. Mit Hilfe einer Sauerstofflasche wird zunächst die distale Manschette übersystolisch aufgeblasen, womit erreicht wird,

daß der distale Teil des Fußes von der Durchblutung ausgeschaltet ist. Zur Messung des Blutstromvolumens wird für eine kurze Zeit (ca. 10 Sekunden) die proximale Manschette auf einen Druck von ca. 60 mmHg aufgeblasen. Bei diesem Druck kann arterielles Blut in die Wade ein, venöses Blut dagegen nicht aus der Wade ausströmen. Es wird also nur der arterielle Bluteinstrom gemessen. Die Volumenzunahme des zu messenden Extremitätenteils, hervorgerufen durch den Bluteinstrom (Volumen des einströmenden Blutes), bewirkt ein Ansteigen des Wassers im Steigrohr. Der im Wasser des Steigrohrs hängende Schwimmer überträgt dieses Ansteigen des Wassers auf einen Kymographen, der es in Form eines Diagramms registriert. Das Diagramm gibt die Volumenzunahme der ganzen im Plethysmographen sich befundenen Wade an (15 cm Länge etwa). Die Blutstromvolumenzunahme in ml für 100 ccm Gewebe in der Minute errechnet sich wie folgt:

Das gesamte Volumen des Plethysmographen ist bekannt (4.200 ccm). Die zum Füllen des Plethysmographen benötigte Wassermenge (z.B. 2.600 ccm) ziehen wir davon ab und erhalten so das Gliedvolumen (1.600 ccm). An der Kurve des Diagramms wird eine Tangente angelegt und an dieser der Anstieg des Volumens im Zeitraum von 6 Sekunden gemessen (z.B. 8 mm). Um einen Vergleichswert in der Volumenzunahme zu erhalten wird eine Eichkurve hergestellt. Jeweils vor der eigentlichen Messung, d.h. nachdem der Unterschenkel des Patienten sich im Plethysmographen befindet, wird mittels einer Injektionsspritze 10 ml Wasser durch den Zuführungsschlauch in den Ple-

thysmographen injiziert und der Anstieg des Volumens gemessen.

(Eichkonstante = z.B. 1,35 cm)

Rechenbeispiel:

10 ccm = 1,35 cm Anstieg = Eichkonstante

x ml = 0,8 cm Anstieg

$x = \frac{0{,}8 \cdot 10}{1{,}35}$ = 5,92 ml Blutvolumenzunahme in 6 Sekunden für das Gliedvolumen von 1.600 ccm.

Die Volumenzunahme für 100 ccm Gewebe pro Minute beträgt dann $\frac{5{,}92 \cdot 10 \cdot 100}{1600}$ = 3,7 ml pro 100 ccm Gewebe in der Minute.

2) Isotopenmethode

Der Patient liegt waagrecht, wobei die zu untersuchende Extremität durch Sandkissen entsprechend fixiert wird, um eine Veränderung der Meßgeometrie zu verhindern. In der Mitte des M. gastrocnemius wird ein intramuskuläres Depot von etwa 0,1 - 0,25 ccm J^{131} (entsprechend 3 - 5 μ C) in physiologischer NaCl - Lösung ca. 2 cm tief injiziert. Mit Hilfe eines Szintillationszählers (FH 49 mit NaJ-Kristall) wird der Abtransport der radioaktiven Substanz gemessen. Vor jedem Versuch wurde das J^{131} in der Injektionsspritze gemessen, um nach der Injektion sicher Impulszahlen zwischen 10 - 15.000 pro Minute zu erreichen. Der Kristallzähler wurde mit einem selbstkonstruiertem Bleikollimator abgeschirmt, so daß der Nulleffekt zwischen 80 und 120 Impulsen pro Minute lag. Ver-

gleichsmessungen nach Abschluß der Messung an korrespondierender Stelle ergaben 150 - 200 Impulse pro Minute, so daß der Anstieg der Ruheaktivität auf Grund zirkulierenden J^{131} vernachlässigt werden konnte.

Die bei der fortlaufenden Messung gewonnenen Impulszahlen wurden logarithmisch gegen die Zeit in Minuten angetragen. Als Ausdruck der Resorptionsgröße wurde der Neigungswinkel der entstandenen Geraden gegen die Zeitachse angenommen. Für den Neigungswinkel der Geraden und für den Resorptionsfaktor $k = tg\,\varphi$ gelten folgende Beziehungen:

$$tg\,\varphi = k = \frac{\log \left[\frac{Imp}{min}\right] t_1 \; - \; \log \left[\frac{Imp}{min}\right] t_2}{t_2\,[min] \; - \; t_1\,[min]}$$

oder einfacher $k = \frac{\log \left[\frac{Imp}{min}\right]}{min}$

Beispiel:

9. Minute = 11 350 Impulse = log. = 4,0561

10. Minute = 8 500 Impulse = log. = 3,9302

$$k = \frac{4,0561 - 3,9302}{10 - 9} = 0,1259 = 12,59 \times 10^{-2}$$

Eigene Untersuchungen.

In unseren Untersuchungen haben wir, um eventuelle Beziehungen zwischen beiden Verfahren besser zu erfassen, nicht nur die Ruhedurchblutung gemessen, sondern jeweils während einer Untersuchung das Blutstromvolumen reaktiv geändert. Einmal haben wir nach Messung des Ruheblutstromvolumens die Durchblutung während intraarterieller ATP - Infusion untersucht, zum anderen Mal durch dauernde Plantar-Dorsalflexionen des Fußes gegen geringen Druck in der zu messenden Extremität eine aktive Hyperaemie hervorgerufen und gemessen (Arbeit). Nach umfangreichen Untersuchungen von H. H e s s 1) bewirken intraarterielle Injektionen geeigneter Substanzen eine lokale Blutstromsteigerung auf die Dauer der Injektion. Als wirkungsvollste Substanz stellte sich ATP heraus. Die Infusion wurde mit einer motorbetriebenen Spritze ausgeführt, wobei durch einen Synchronmotor der Kolben einer Spritze gleichmäßig vorgedrückt wird. Wir änderten also das Blutstromvolumen im Unterschenkel auf zweierlei Arten. Einmal durch Hervorrufen einer künstlichen Hyperaemie (ATP), die nicht mit einem gesteigerten Stoffwechsel einhergeht (Luxushyperaemie), ferner durch Provokation einer Bedarfshyperaemie (nutritive Hyperaemie), die durch eine Steigerung des Stoffwechsels bedingt ist (Arbeit).

Untersucht wurden von uns insgesamt 14 Patienten. Zehn Patienten mit Obliteration der unteren Extremität, drei Patienten ohne feststellbare Beeinträchtigung der Blutströmung

in den Extremitäten, 1 Patient mit einer Gefäßplastik (Arteria femoralis). Bei 10 der 14 Patienten verglichen wir beide Verfahren bei der Arbeitshyperaemie, bei den restlichen 4 Patienten führten wir die Messungen während ATP - Infusion durch.

Patient Nr. 1 ' S.G.: Seit 10 Jahren Claudicatio intermittens beider Beine. Claudication distance: 100 Meter. Fehlen aller Fußpulse beider unterer Extremitäten. Oszillographie: Obliteration beider Aa. femorales. Aortographie: Obliterierende Angiopathie mit Stenosierung und Obliteration der Beckenarterien. Die Obliteration der beiden Aa. iliacae ext. sind durch einen gut entwickelten Kollateralkreislauf überbrückt. An den Beinen keine sicheren Obliterationen.

Patient Nr. 2 B.E.: Vor einem Jahr Femoralisplastik rechts.

Patient Nr. 3 S.J.: Seit 4 Jahren Claudicatio intermittens der rechten unteren Extremität. Claudication distance: 200 Meter.

Fußpulse:

	A.fem.	A.poplitea	A.tib.post.	A.dors.p.
rechts	+	-	-	-
links	+	+	+	+

Oszillographie: Sichere Obliteration der rechten A.femoralis.

Patient Nr. 4 M.R.: Seit 3 Jahren Claudicatio intermittens der rechten unteren Extremität. Claudication distance: 50 Meter.

Fußpulse:

	A.fem.	A.poplitea	A.tib.post.	A.dors.p.
rechts	+	-	-	-
links	+	+	-	-

Oszillographie: Sicherer Verschluß der rechten A.femoralis superficialis, bzw. A. poplitea rechts. Links kein sicherer Anhalt für eine Obliteration.

Femoralisarteriographie rechts: Obliterierende Angiopathie mit Verschluß der A. poplitea und der distalen A. tibialis anterior.

Patient Nr. 5 M.V.: Vor 10 Jahren Erfrierung beider Füße. Vor 5 Jahren Amputation der linken unteren Extremität, infolge eines Gangräns. Claudicatio intermittens, Claudication distance: 200 Meter.

Fußpulse:

	A.fem.	A.poplitea	A.tib.post.	A.dors.p.
rechts	+	-	-	-
links	-	-	Amputation	

Aortographie: Ausgeprägte obliterierende Angiopathie mit Verschluß der linken A. iliaca ex. und int., sowie Obliteration der rechten A. iliaca int. Partielle Obliteration der rechten A. femoralis superficialis. Vollständige Obliteration der linken A. femoralis superficialis.

Patient Nr. 6 P.A.: Seit 7 Jahren Claudicatio intermittens

beider unterer Extremitäten. Claudication distance: 100 Meter.

Fußpulse:

	A.fem.	A.poplitea	A.tib.post.	A.dors.p.
rechts	(+)	-	-	-
links	+	(+)	-	-

Rechts starkes, links mäßiges Stenosegeräusch.

Patient Nr. 7 W.F.: Seit 3 Jahren Claudicatio intermittens. Diabetes. Claudication distance: 30 Meter.
Fehlen aller Fußpulse beider unterer Extremitäten.
Oszillographie: Sichere obliterierende Angiopathie mit Verschlüssen bereits im Becken.
Aortographie: Stenosierende Angiopathie mit erheblicher Stenose der A. iliaca ext., sowie A. femoralis superficialis rechts. Obliteration der distalen 2/3 der A. femoralis superficialis links. Verschluß der linken A. tibialis post. in der unteren Hälfte.

Patient Nr. 8 H.J.:
Aortographie: A. tibialis ant. links verschlossen, A. femoralis rechts 2/3 obliteriert.

Patient Nr. 9 K.W.:
Keine Angiopathie.

Patient Nr. 10 K.G.:
Keine Angiopathie.

Patient Nr. 11 K.A.: Seit 2 Jahren Claudicatio intermittens. Claudication distance: 70 Meter.

Fußpulse:

	A.fem.	A.poplitea	A.tib.post.	A.dors.p.
rechts	+	-	-	-
links	+	(+)	-	-

Oszillographie rechts: Popliteaverschluß, der schlecht kompensiert ist.

Aortographie: Verschluß der linken A. tibialis post. sowie der rechten distalen Femoralarterie und A. poplitea.

Patient Nr. 12 N.O.: Diabetisches Gangrän links, Claudicatio intermittens beider unter unteren Extremitäten.

Fußpulse:

	A.fem.	A.poplitea	A.tib.post.	A.dors.p.
rechts	+	-	-	-
links	+	-	-	-

Arteriographie links: Stop des Kontrastbreies im proximalen Oberschenkel.

Patient Nr. 13 R.H.:
Keine Angiopathie.

Patient Nr. 14 B.L.:
Aortographie: Obliterierende Angiopathie mit Obliteration der A. iliaca rechts.

Bei der Messung des Blutstromvolumens bestimmten wir zunächst mehrmals das Ruheblutstromvolumen und errechneten aus

den einzelnen Werten den Mittelwert. Anschließend wurde die Volumzunahme nach Arbeitshyperaemie, bzw. während ATP-Infusion gemessen. Dabei mußte der Patient bis zum Auftreten von Schmerzen in der Wade mit dem Fuß die oben beschriebenen Plantar-Dorsalflexionen ausführen. Sofort nach Auftreten des Schmerzes wurde das Blutstromvolumen bestimmt (V_A). Die Tabellen 1 und 2 zeigen die bei den einzelnen Patienten gemessenen Volumina.

TABELLE 1

Blutstromvolumen in der Wade in Ruhe und nach Arbeit.

Patient		Ruheblutstromvolumen = V_o ml pro 100 Gewebe in der Minute.	Volumen nach Arbeit = V_A ml pro 100 Gewebe in der Minute.
1	S.G.	1,78	10,29
2	B.E.	1,92	5,59
3	S.J.	1,81	3,96
4	M.R.	2,67	10,91
5	M.V.	2,05	13,21
6	P.A.	7,27	21,61
7	W.F.	2,80	6,65
8	H.J.	2,29	7,40
9	K.W.	1,07	4,85
10	K.G.	2,42	5,66

TABELLE 2

Blutstromvolumen in der Wade in Ruhe und während intraarterieller ATP-Infusion (1mg ATP/min)

Patient	Ruheblutstrom-volumen = V_o	Blutstromvolumen während intraarterieller ATP-Infusion = $V_{Inf.}$
11 K.A.	6,51	36,14
12 N.O.	2,91	34,48
13 R.H.	3,92	45,53
14 B.L.	3,41	12,39

Beim Patient 14 B.L. wurden 0,25 mg ATP/min. infundiert, daher der proportional niedrigere Wert für $V_{Inf.}$

Im Anschluß an die Blutstromvolumenmessung führten wir den Radiojodtest in der angegebenen Weise durch.
Nach der angegebenen Formel haben wir den Resorptionsfaktor k (= Neigungswinkel der Geraden) errechnet. Dabei wurden folgende Bezeichnungen vorgenommen:
K_o = Faktor der Resorption in Ruhe
K_A = Faktor der maximalen Resorption nach Hyperaemie.
Die aus unseren Versuchen errechneten Resorptionsfaktoren ersieht man aus den Tabellen 3 und 4.

TABELLE 3

Die Resorptionsfaktoren in Ruhe und nach Arbeit.

Patient	Faktor der Resorption in Ruhe = K_o	Faktor der maximalen Resorption = K_A bei Arbeit
1 S.G.	2,22	12,59
2 B.E.	1,88	5,01
3 S.J.	3,73	6,55
4 M.R.	1,51	6,97
5 M.V.	1,24	9,94
6 P.A.	4,37	16,67
7 W.F.	1,31	7,83
8 H.J.	1,70	13,40
9 K.W.	4,26	12,76
10 K.G.	1,12	5,28

TABELLE 4

Die Resorptionsfaktoren in Ruhe und während intraarterieller ATP-Infusion

Patient	Faktor der Resorption in Ruhe = K_o	Faktor der maximalen Resorption = $K_{Inf.}$ während ATP-Infusion
11 K.A.	2,29	6,53
12 N.O.	1,46	6,84
13 R.H.	1,26	5,99
14 B.G.	2,34	4,01

Die Kurven 1, 2 und 3 veranschaulichen die Registrierung, der bei fortlaufender Messung gewonnenen Impulse auf semilogarithmischen Papier. Die Impulszahlen sind auf der Ordinate, die Zeit in der Abszisse aufgetragen. Die Kurven 1 (Patient 1 S.G.) und 2 (Patient 2 B.E.) zeigen eindrucksvoll, wie während Arbeit der Abtransport der radioaktiven Substanz zunimmt, die Linie also vertikaler wird (K_A).
Die Kurve 3 (Patient 12 N.O.) veranschaulicht die während der gesamten Infusionsdauer bestehende gleichmäßige (lineare) Abnahme der Impulszahlen (K_{Inf}).

Besprechung der Ergebnisse.

Die in unseren Versuchen mit beiden Verfahren gewonnenen Werte sind in den Tabellen 5 und 6 zum Vergleich nebeneinander dargestellt. Um die Zunahme des Blutstromvolumens und des Resorptionsfaktors anschaulich zu vergleichen, haben wir je einen Quotienten, nämlich Q_V = Verhältnis des maximalen Stromvolumens zum Ruheblutstromvolumen und Q_K = Verhältnis der maximalen Resorption (K_A bzw. $K_{Inf.}$) zur Resorption in Ruhe (K_o), gebildet.

Also $Q_V = \frac{V_A}{V_o}$ und $Q_K = \frac{K_A}{K_o}$ bzw. $Q_{VInf.} = \frac{V_{Inf.}}{V_o}$

und $Q_{KInf.} = \frac{K_{Inf.}}{K_o}$

In den Abbildungen 1, 2 und 3 haben wir die Änderung des Blutstromvolumens und der Resorption bei Arbeit, bzw. während ATP-Infusion in Säulen dargestellt.

TABELLE 5

Blutstromvolumen und Radiojod Clearance in Ruhe und während, bzw. nach Arbeit.

Patient		V_o	V_A	K_o	K_A	Q_V	Q_K
1	S.G.	1,78	10,29	2,22	12,59	5,73	5,67
2	B.E.	1,92	5,59	1,88	5,01	2,91	2,66
3	S.J.	1,81	3,96	3,73	6,55	2,18	1,76
4	M.R.	2,67	10,91	1,51	6,97	4,09	4,61
5	M.V.	2,05	13,21	1,24	9,94	6,39	8,01
6	P.A.	7,27	21,61	4,37	16,67	2,97	3,81
7	W.F.	2,80	6,65	1,31	7,83	2,37	5,97
8	H.J.	2,29	7,40	1,70	13,40	3,23	7,88
9	K.W.	1,07	4,85	4,26	12,76	4,53	2,99
10	K.G.	2,42	5,66	1,12	5,28	2,33	4,71

TABELLE 6

Blutstromvolumen und Radiojod Clearance in Ruhe und während intraarterieller ATP-Infusion

Patient		$V_{oInf.}$	$V_{AInf.}$	K_o	$K_{Inf.}$	$Q_{VInf.}$	$Q_{KInf.}$
11	K.A.	6,51	36,14	2,29	6,53	5,55	2,95
12	N.O.	2,91	34,48	1,46	6,84	11,84	4,68
13	R.H.	3,92	45,53	1,26	5,99	11,60	4,75
14	B.G.	3,41	12,39	2,34	4,01	3,87	1,71

Die Tabelle 5 läßt erkennen, daß bei über der Hälfte der Patienten eine gute Übereinstimmung zwischen Blutstromvolumen und Resorptionsfaktor, gemessen nach, bzw. während Arbeit, besteht. Die beste Übereinstimmung zeigt z.B. Patient 1 (S.G.). Hier beträgt die Zunahme des Blutstromvolumens nach Arbeit das 5,73fache der Ruhedurchblutung, die Zunahme der Resorption das 5,67fache des Ruhewertes. Konzidieren wir eine Streuung von 20 %, bedingt durch Meßfehler und die Unmöglichkeit der Simultanmessung, so ergibt sich bei 6 der 10 Patienten eine gute Beziehung zwischen dem Blutstromvolumen und der Clearance der radioaktiven Substanz. Die übrigen 4 Patienten, darunter die zwei gefäßgesunden Versuchspersonen, weisen eine gute Übereinstimmung nicht auf.

Zu den plethysmographisch gemessenen Werten der Gefäßgesunden ist zu bemerken, daß die gemessene Hyperaemie (V_A) nicht der maximalen Hyperaemie entspricht. Wie oben erwähnt, haben wir die Patienten bis zum Auftreten von Schmerzen Arbeit leisten lassen, bei den Gefäßgesunden die Dauer der Arbeitsleistung willkürlich mit 5 Minuten festgesetzt. Sicher genügte diese Arbeit nicht ganz zum Hervorrufen maximaler Hyperaemie. Außerdem erfolgte die Messung der reaktiven Hyperaemie mit Hilfe des Venenstauungsplethysmographen erst 20 - 30 Sekunden nach Absetzen der Arbeit, wonach die Hyperaemie beim Gesunden großenteils schon abgeklungen ist, während bei Personen, bei denen ein Sauerstoffdefizit entsteht (Gefäßkranke) die Hyperaemie länger andauert. Die schlechte Übereinstimmung dieser Versuchspersonen in beiden Verfahren dürfte wohl darin

begründet sein.

Die Schwäche dieser Arbeit liegt in der technisch bedingten Unmöglichkeit beide Verfahren simultan messen zu können. Dies führt dazu, daß eventuelle Unterschiede in der Ausführung der Arbeit bei zeitlich nacheinander ausgeführten Messungen in den gewonnenen Zahlenwerten zum Ausdruck kommen. Außerdem konnte, wie schon erwähnt, bei der Venenstauungsplethysmographie die Messung erst nach der Arbeitsleistung vorgenommen werden, wogegen bei der Isotopenmethode die Clearance während der Arbeit gemessen wird. Die ungenügende Übereinstimmung bei den Patienten 7 (W.F.) und 8 (H.J.) ist mit ziemlicher Sicherheit auf diese Mängel zurückzuführen.

In der Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Blutstrom- und Resorptionsmessung während ATP-Infusion zusammengestellt. Hieraus ist zu entnehmen, daß die Volumenzunahme, gemessen während intraarterieller ATP-Infusion sehr viel deutlicher ist, als die Zunahme des Resorptionsfaktors.

Übereinstimmend wurde bei allen 4 untersuchten Versuchspersonen das Überwiegen des Blutstromvolumens gegenüber der Clearance während intraarterieller ATP-Infusion festgestellt. Dieses Verhalten erklären wir uns damit, daß durch die ATP-Infusion eine Luxushyperaemie im Gewebe erzeugt wird, die nicht mit einem gesteigerten Stoffwechsel einhergeht, im Gegensatz zur Bedarfshyperaemie bei Arbeit, die in engem Zusammenhang mit einer Stoffwechselsteigerung steht. Infolge dessen ist die Resorption einer radioaktiven Substanz, die als Depot ins Gewebe gesetzt wird, nicht in gleichem Maße beeinflußt wie

bei der Arbeitshyperaemie. Es ist möglich, daß ein Teil des Blutes über arterio-venöse Shunts abfließt und deshalb die Resorption des Radiojods gar nicht beeinflussen kann.
Der Umfang des Gefäßschadens der Versuchspersonen hatte keinen Einfluß auf die Ergebnisse des Blutstromvolumens und der Gewebsclearance in Ruhe. Bei Arbeit, bzw. intraarterieller Infusion war beim Kranken gegenüber den Gesunden das Maximum der Hyperaemie deutlich reduziert.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit wird durch orientierende Untersuchungen an 14 Versuchspersonen das genau definierte Blutstromvolumen, gemessen mit Hilfe der Venenstauungsplethysmographie, mit der Clearance der Isotopenmethode verglichen, um eventuelle Beziehungen beider Verfahren zu erfassen. Die Ergebnisse sind in Tabellen zusammengefaßt und in graphischen Darstellungen abgebildet. Sie zeigen, daß offenbar eine gute Beziehung zwischen Blutstromvolumen und Radiojodclearance bei dem Teil der Versuchspersonen besteht, bei denen das Blutstromvolumen dem tatsächlichen Bedarf entspricht. In Fällen medikamentös provozierter Luxushyperaemie besteht keine lineare Beziehung des Blutstromvolumens zur Resorption eines radioaktiven Depots. Es zeigte sich, daß hier die Zunahme des Blutstromvolumens viel deutlicher in Erscheinung tritt, als die Zunahme des Resorptionsfaktors. Dieser Unterschied zwischen nutritiver Hyperaemie und Luxushyperaemie könnte eine Erklärung sein, für die bisher unter-

schiedliche Beurteilung des Wertes des Radiojodmethode zur Messung der Durchblutungsgröße.

Wir finden im Gegensatz zu P a b s t keinen Unterschied in der Resorption einer radioaktiven Substanz in Ruhe zwischen Gefäßgesunden und Gefäßkranken. Dies entspricht auch dem Fehlen eines Unterschiedes in den absoluten Werten des Ruheblutstromvolumens bei Gefäßgesunden und Gefäßkranken.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1) Hess, H., Die Obliterierenden Gefäßerkrankungen Urban Schwarzenberg. München-Berlin 1958 S. 195 - 288

2) Kety,S.S., Quantitative measurement of regional circulation by the clearance of radioactive sodium. Amer. J. Med. Sc. 215, 352, (1948)

3) Elkin, D.C., Study of peripheral vascular disease with radioactive isotopes. Surgery 87, 1 (1948)

4) Pabst, H.W., und Walcher, W., Kreislauftest mit radioaktivem Jod. Klinische Wschr. 30, 1011 (1952)

5) Kety, S.S., Measurement of regional circulation by local clearance of radioactive sodium. Amer. Heart J. 38, 321 (1949)

Lebenslauf.

Am 10. August 1935 wurde ich als Sohn des praktischen Arztes Dr. Hans Götz und seiner Ehefrau Maria Götz, geborene Kirchberger, in München geboren.
Von 1941 bis 1946 besuchte ich die Volksschule in Wolnzach-Markt/Oberbayern. Im September 1946 trat ich in die Oberrealschule Ingolstadt ein und absolvierte dort im Juli 1954. Im Herbst 1954 begann ich das Studium der Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München, wo ich im Herbst 1957 die ärztliche Vorprüfung ablegte. Im Sommersemester 1958 studierte ich an der Universität Innsbruck, die restlichen klinischen Semester bis zur ärztlichen Prüfung am 1. Februar 1961 belegte ich wieder in München. Von Februar bis Oktober 1961 war ich am Kreiskrankenhaus Pfarrkirchen/Ndb., von November 1961 bis April 1962 an der internen Abteilung der Krankenanstalt des III. Ordens, München, tätig. Seit Mai 1962 bin ich wieder am Kreiskrankenhaus Pfarrkirchen beschäftigt.